

Article, Published Version

Jurisch, Rainer

Untersuchungen über die Abflußverhältnisse im Bereich einer Grundschwelle

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102963>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Jurisch, Rainer (1979): Untersuchungen über die Abflußverhältnisse im Bereich einer Grundschwelle. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 44. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 63-76.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



U N T E R S U C H U N G E N Ü B E R D I E
A B F L U S S V E R H Ä L T N I S S E I M
B E R E I C H E I N E R G R U N D S C H W E L L E

Research Study on the Flow Over a Ground Sill

Zusammenfassung

In Modelluntersuchungen sollte Klarheit gewonnen werden, welchen Einfluß unterschiedliche Höhen einzelstehender Grundschwellen auf den Wasserspiegelverlauf haben. Zu diesem Zwecke wurden Versuche mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Wassertiefen der ungestörten Strömung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dimensionsloser Form dargestellt und können somit in praktischen Fällen leicht verwendet werden.

Summary

The influence of the height of isolated ground sills on the water level has been investigated in model. The experiments have been carried out with different flow velocities and water depths of the undisturbed flow. The results are shown in a non-dimensional diagram, which can be very easily used in practice.

I N H A L T

	Seite
1. Allgemeines	65
2. Modellversuche	65
2.1 Dimensionsanalyse	65
2.2 Die Versuche	66
2.3 Versuchsergebnisse	67
2.4 Vergleich mit der Literatur	67
3. Berechnung des Wasserspiegels	68
4. Zusammenfassung	68
5. Literatur	69

1. Allgemeines

In den Fragenkomplex zur Sicherung der Rheinsohle gegen Erosion sollten auch Überlegungen über die Wirkung von Grundswellen mit einbezogen werden, wozu die Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (BAW), den Auftrag über Grundsatzuntersuchungen zu Grundswellen erhielt. In einem 1. Schritt sollten in Modellversuchen die Geschwindigkeitsverhältnisse und die Wasserspiegellagen im Bereich einer Grundschwelle bei fester Sohle ermittelt werden. Um den verschiedenen in der Natur auftretenden Grundswellenhöhen Rechnung zu tragen, wurden folgende Höhen für die Versuche festgelegt: 0,5 m, 1,5 m, 3,0 m und 5,0 m. Wegen der unterschiedlichen Abflußverhältnisse bei verschiedenen Grundswellenhöhen und Wasserständen wurde auch eine Variation der Anströmgeschwindigkeit vorgesehen.

Im vorliegenden Beitrag werden die durchgeführten Versuche und die Ergebnisse kurz dargestellt. Auf eine detaillierte Deutung der Ergebnisse wird hier bewußt verzichtet.

2. Modellversuche

2.1 Die Dimensionsanalyse ist eines der wichtigsten Hilfsmittel bei der sinnvollen Planung und Durchführung von Modellversuchen. Durch die Abschätzung des Einflusses aller möglichen physikalischen Größen wird letztlich eine Verkürzung des Arbeitsprogrammes erreicht.

Bei den vorliegenden Untersuchungen interessieren insbesondere die zeitlich und örtlich gemittelte Geschwindigkeit über der Schwelle und die dort auftretende Wasserspiegeländerung. Die Ergebnisse sollten als Diskussionsgrundlage bei in der Praxis auszuführenden Baumaßnahmen dienen, wobei die Strömungsverhältnisse im Bereich der Bauwerke von entscheidender Bedeutung waren. Aus diesem Grunde sind nur die über lange Zeit gemittelten Werte von Interesse. Damit ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$\left. \begin{matrix} v \\ h' \end{matrix} \right\} = f_{1,2} (g, v_o, h_o, s)$$

Hierin bedeuten:

a) abhängige Größen

v mittlere Geschwindigkeit über die Schwellenmitte [m/s]

h' Wassertiefe über der Schwellenmitte [m]

b) unabhängige Größen

g Erdbeschleunigung [m/s²]

v_o mittlere Geschwindigkeit der ungestörten ankommenden Strömung [m/s]

h_o Wassertiefe der ungestörten ankommenden Strömung [m]
 s Schwellenhöhe [m]

Damit ergibt die Dimensionsanalyse:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{v}{v_o} \\ Fr_{örtl} \end{array} \right\} = F_{1,2} \quad \left(Fr, \frac{s}{h_o} \right)$$

Hierin bedeuten:

Fr Froude'sche Zahl der ankommenden Strömung $= \frac{v_o}{\sqrt{gh_o}}$

$Fr_{örtl}$ Örtliche Froude'sche Zahl über der Schwellenmitte $= \frac{v}{\sqrt{gh'}}$

2.2 Die Versuche

Für die Versuche stand eine 1,0 m breite und ca. 6 m lange Glasrinne in der BAW zur Verfügung. Wegen der relativ grossen Breite konnten die Seiteneinflüsse weitgehend vernachlässigt werden.

Wie bereits aus der Dimensionsanalyse ersichtlich, ist für die vorliegenden Versuche das Froude'sche Ähnlichkeitsgesetz maßgebend, da die Reibungskräfte von geringem Einfluß sind.

Aus den Überlegungen, den Wasserstand entsprechend dem Pegel Plittersdorf für NW, GLW, MW und HSW den Versuchen zugrunde zu legen, konnten die Modellwerte der Wasserspiegelhöhen errechnet werden (Bild 1). Der Modellmaßstab wurde mit 1:25 gewählt. Hinsichtlich der Geschwindigkeiten wurden in Anlehnung an die Praxis die ungestörten Strömungsgeschwindigkeiten $v_o = 1,0, 2,0$ und $3,0$ m/s (Naturwerte) bei den Versuchen eingestellt.

Die Messungen selbst sollten den Wasserspiegelverlauf und die Geschwindigkeitsverhältnisse beinhalten. Aus diesem Grunde wurde mittels eines Spitzenmaßstabes der Wasserspiegelverlauf punktweise alle 20 cm über die ganze Länge der Rinne festgestellt. Die Messungen erfolgten bei allen Abflußzuständen in Rinnenachse. Die Fließgeschwindigkeiten wurden ebenfalls in der Rinnenachse gemessen. Hierbei wurde ein Ott-Propellerflügel von etwa 14 mm Durchmesser verwendet. Mit diesem Gerät wurde in 5 verschiedenen vertikalen Schnitten das jeweilige Geschwindigkeitsprofil ausgemessen.

Natürlich versagt dieses Meßgerät in den Bereichen der Wirbelzonen hinter den einzelnen Schwellen, so daß hier keine näheren Aussagen gemacht werden können. In Bild 2 sind die relativen Lagen der Geschwindigkeitsmeßstellen eingetragen. Die Kronenbreite betrug im übrigen bei allen Grundswellenhöhen 5 m in der Natur.

2.3 Versuchsergebnisse

Über der Schwellenmitte wurde eine weitgehend gleichförmige Geschwindigkeitsverteilung angenommen. Aus diesem Grunde wurde die dort gemessene Geschwindigkeit für die Auftragungen verwendet. Die Verarbeitung der Meßergebnisse erfolgte mit Hilfe der in der Dimensionsanalyse gefundenen Beziehungen. Sie sind in Bild 3 dargestellt.

Auf eine detaillierte Deutung der Ergebnisse wird hier verzichtet. Doch sei erwähnt, daß anscheinend 2 Grenzkurven für die Abhängigkeit $Fr = f(v/v_0, s/h_0)$ existieren. Während die eine den Bereich $s/h_0 = 0,1$ begrenzt, stellt die andere für $s/h_0 = 0,6$ eine Abgrenzung dar. Damit scheint bei kleineren Schwellenhöhen als $s = 0,1 h_0$ und bei größeren Höhen als $s = 0,6 h_0$ praktisch keine Veränderung der mittleren Geschwindigkeit bei gleicher Froude'scher Zahl mehr vorhanden zu sein.

Bei der Beurteilung der Wassertiefe über der Schwelle muß berücksichtigt werden, daß diese immer in Schwellenmitte angegeben ist. Somit ist die Lage der größten Absenkung und deren absoluter Betrag aus dem Diagramm nicht direkt zu entnehmen. Es ist deshalb durchaus möglich, daß die Schwellenmitte noch im Staubereich liegt und somit $h' > h_0 - s$ ermittelt wird. Zur Verdeutlichung wurde deshalb der Wasserspiegelverlauf für die untersuchten Verhältnisse in Bild 4 bis 7 dimensionsbehaftet dargestellt. Hieraus ist auch das Wasserspiegelgefälle im Bereich der Schwelle zu entnehmen.

2.4 Vergleich mit der Literatur

Über systematische Untersuchungen mit Grundswellen ist in der Literatur sehr wenig bekannt. Aus diesem Grunde fehlen ausreichende Vergleichsmöglichkeiten mit unseren Ergebnissen. G. SCHNEIDER /1/ hat in Modellversuchen Grundswellengruppen und einzelne Grundswellen untersucht. Hierbei stand eine 6,50 m lange Glasrinne zur Verfügung. Schneider legte in seinen Untersuchungen vor allem Wert auf den Verlauf des Wasserspiegels. Mit vereinfachenden Rechnungsannahmen verglich Schneider sodann seine Ergebnisse von Rechnung und Modellversuch. Hierbei nahm er als Ausgangswert immer den Wasserspiegel über der - in Fließrichtung - letzten Schwellenkante. Damit ist aber wiederum keine Aussage gemacht - und auch nicht möglich - über die ungestörte Wassertiefe und Geschwindigkeit der Anströmung. Ein Vergleich mit

unseren Ergebnissen ist deshalb nicht möglich.

3. Berechnung des Wasserspiegelverlaufes

Mit einem in der BAW entwickelten Rechenverfahren wurden die Wasserspiegel über den einzelnen Grundschwellen errechnet. Das Rechenprogramm wurde ursprünglich für natürliche Flußläufe entwickelt, so daß zur Anwendung bei Grundschwellenüberströmungen die Ablösungsstromlinie hinter dem Bauwerk angenommen werden mußte. Diese Linie besitzt, beginnend von der hinteren Schwellenkante, eine nach unten gerichtete Neigung, die von der Anströmungsgeschwindigkeit abhängt. In dem hier vorliegenden Fall wurde jedoch einheitlich eine Neigung von 1:10 angenommen. In der Rechnung wirkt sich diese Annahme dadurch aus, daß die "Sohle" von der Grundschwellenkante mit 1:10 zur natürlichen Sohle wieder abfiel. Die Rechnung wurde im übrigen mit und für Modellwerte vorgenommen und auf der Datenverarbeitungsanlage der BAW durchgeführt.

Die Ergebnisse der Rechnungen sind in Bild 4 bis 7 zusammen mit den Meßwerten eingetragen. Die Abweichungen dieser Rechenwerte von den Modellwerten ist für flache Wasserspiegelgefälle relativ gering. Für starke Stromfadenkrümmungen über der Schwelle ist das Programm nicht geeignet, da hier die Geschwindigkeiten und die Energieverluste zu hoch werden. Eine genauere Anpassung der Rechnung an die Modellwerte wäre theoretisch möglich, doch würde dies einigen Zeit- und Rechenaufwand bedeuten.

4. Zusammenfassung

Innerhalb des Fragenkomplexes zur Sicherung der Rheinsohle gegen Erosion wurden Modelluntersuchungen durchgeführt. Diese sollten Klarheit geben über den Verlauf des Wasserspiegels im Bereich von 4 verschiedenen hohen Grundschwellen. Hierbei sollte die Anströmgeschwindigkeit der ungestörten Strömung 1,0, 2,0 und 3,0 m/s betragen, die Wassertiefe wurde entsprechend den Werten für NW, GlW, MW und HSW am Pegel Plittersdorf angenommen.

Die Ergebnisse der Versuche wurden in einem Diagramm in dimensionsloser Form aufgetragen. Diese Darstellung läßt die schnelle Ermittlung der Wassertiefe und der mittleren Geschwindigkeit über der Schwellenmitte zu.

Weiterhin wurde der Wasserspiegel mit einem in der BAW entwickelten Computerprogramm berechnet. Hierbei ergab sich für nicht zu stark gekrümmte Stromfäden eine gute Übereinstimmung mit den Modellmessungen.

5. Literatur

- /1/ Schneider, G.: Grundswellen in schiffbaren Wasserläufen.
Diss. TH Karlsruhe, 1942.
- /2/ Schneider, G.: Untersuchung über die Einwirkung von Grundswellen auf Sohle und Schifffahrt in der Eintiefungsstrecke des Oberrheins.
Badisches Finanz- und Wirtschaftsministerium, Abt. für Wasser- und Straßenbau, Sept. 1941.

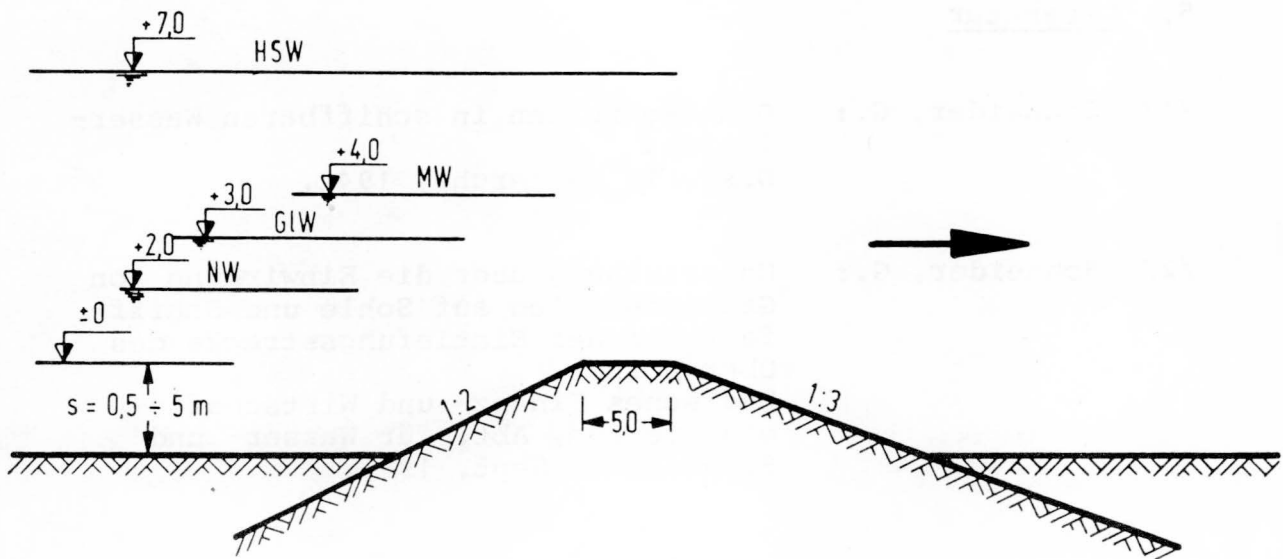


Bild 1: Querschnitt der Grundswellen.
Maße in m (Naturwerte)

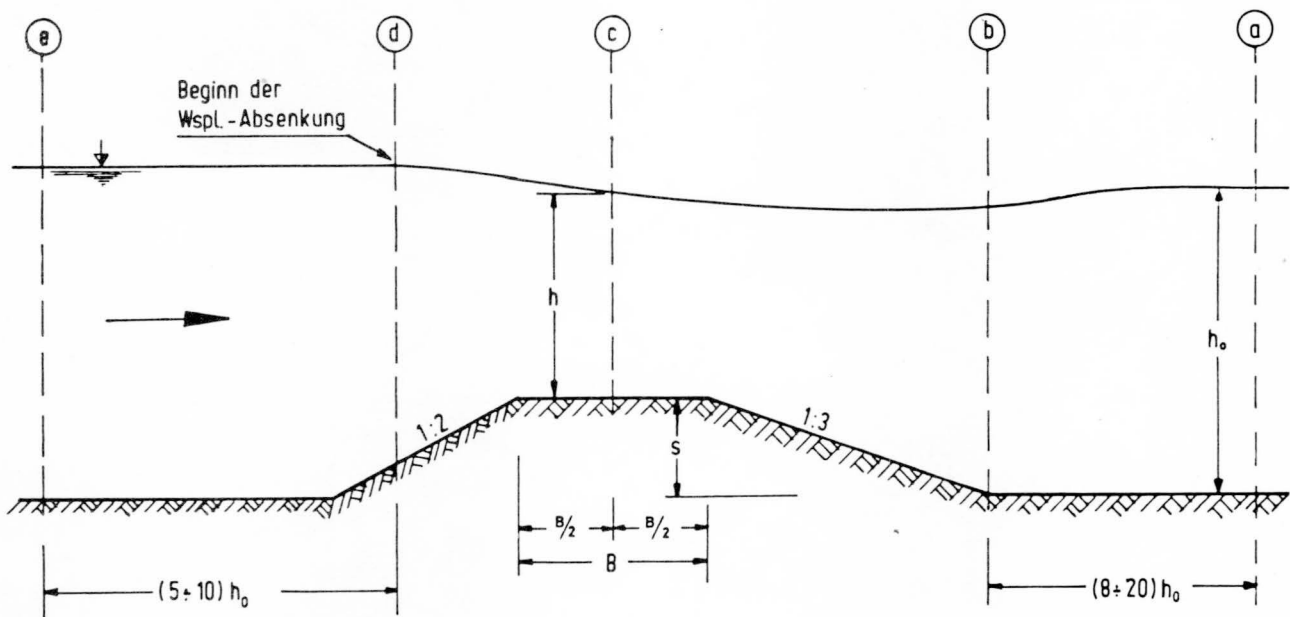
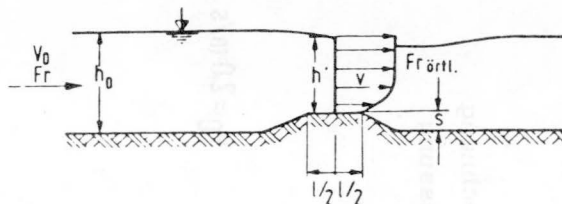
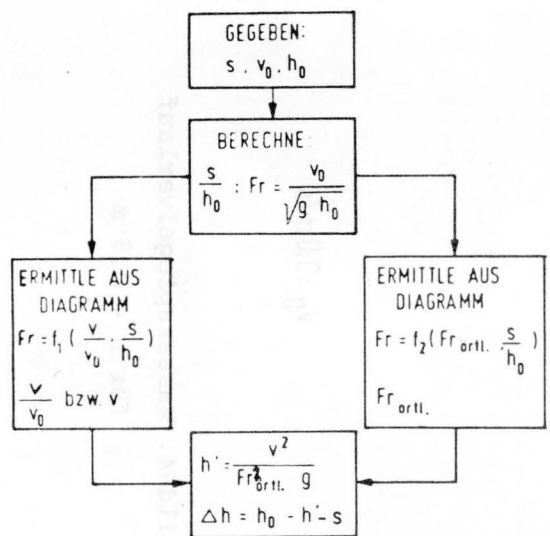


Bild 2: Lage der Meßstellen für die Geschwindigkeitsmessungen



- s/h_0
- ▲ 0.71
 - △ 0.6
 - 0.5
 - 0.43
 - 0.3
 - 0.2
 - ◇ 0.18
 - * 0.1
 - 0.066

Annahme (bestätigt durch Messung):
Geschwindigkeitsprofil ist weitgehendst
gleichförmig

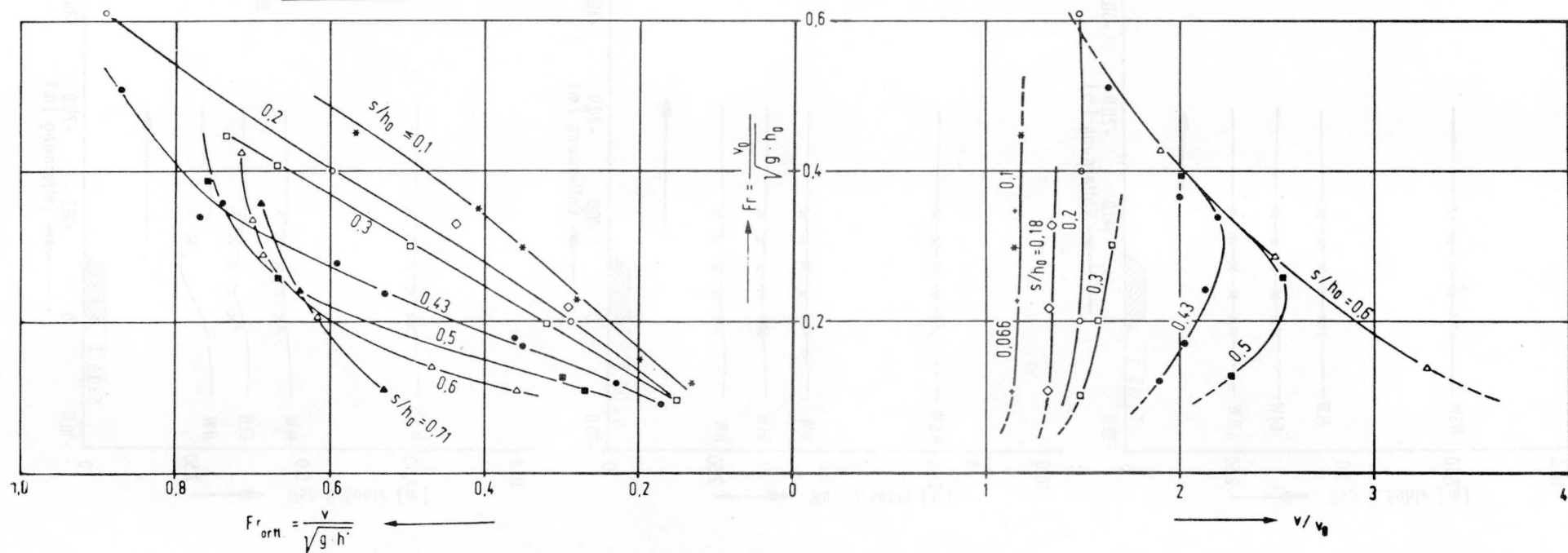


Bild 3: Diagramme zur Bestimmung der Wassertiefe und der mittl. Geschwindigkeit über Schwellenmitte

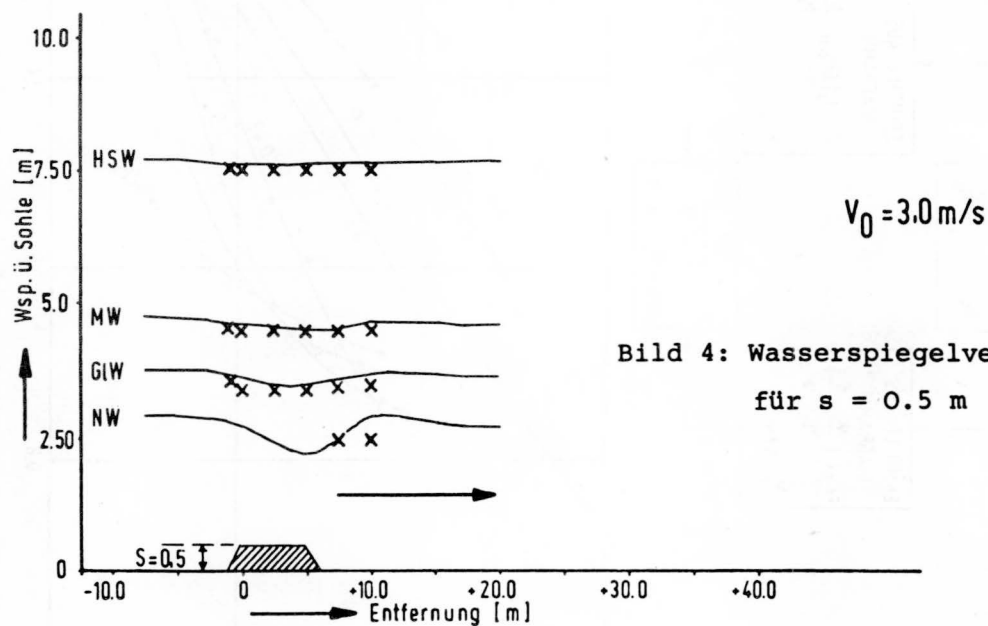
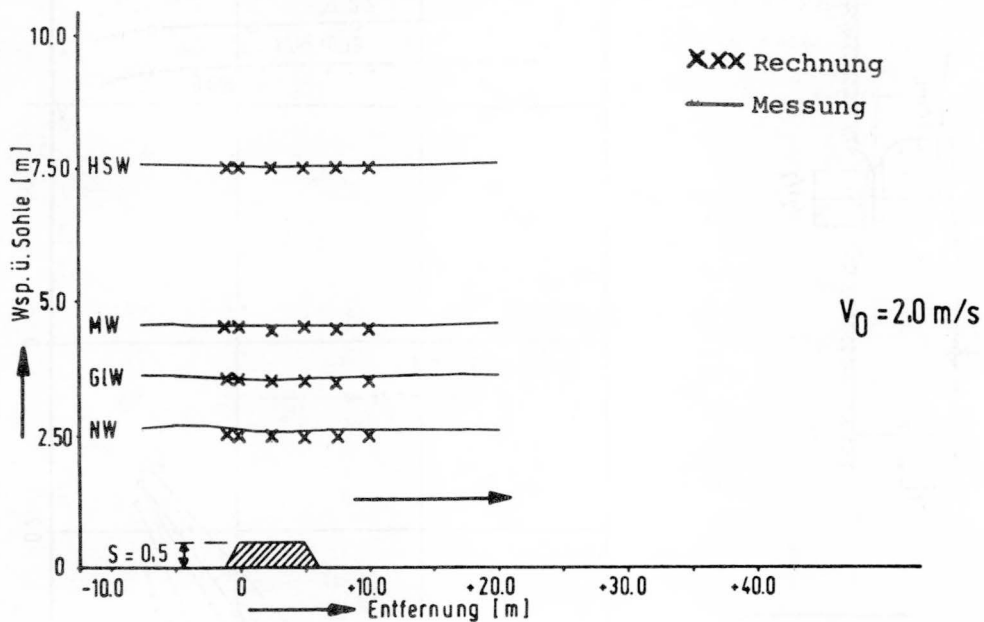
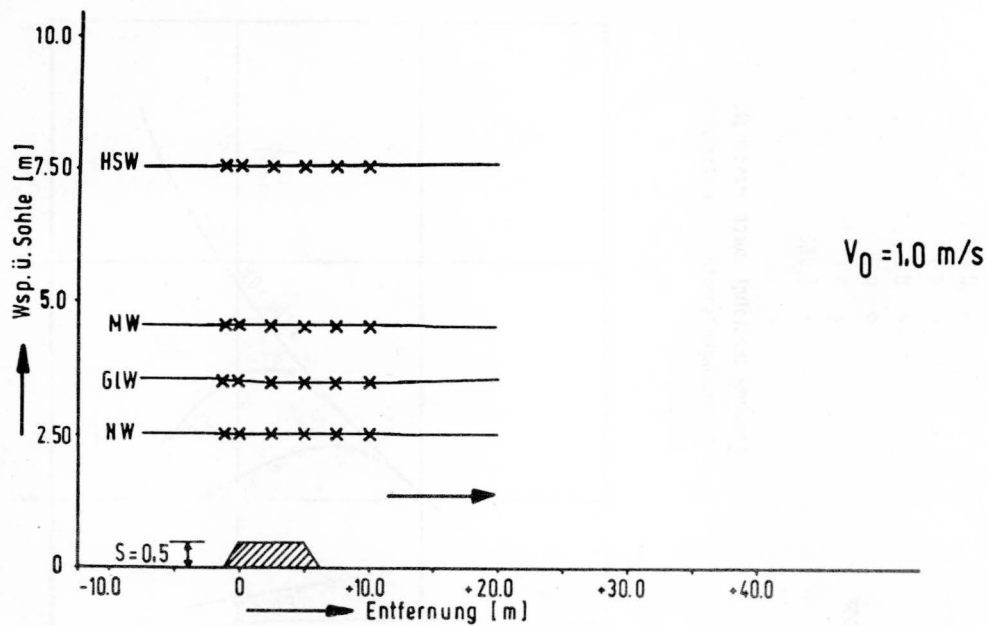
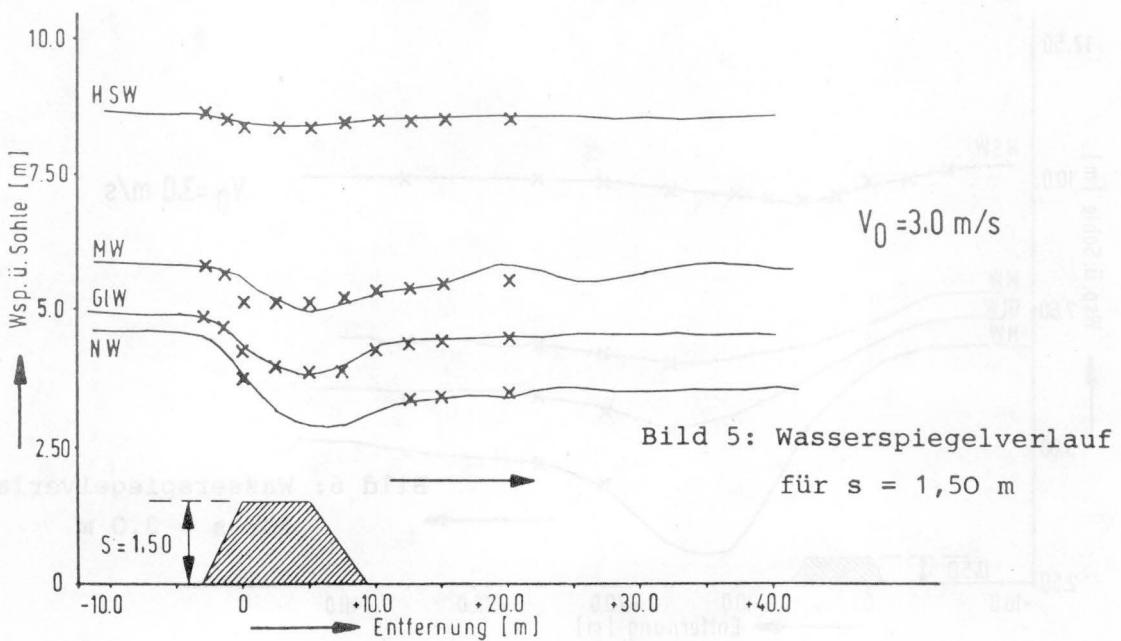
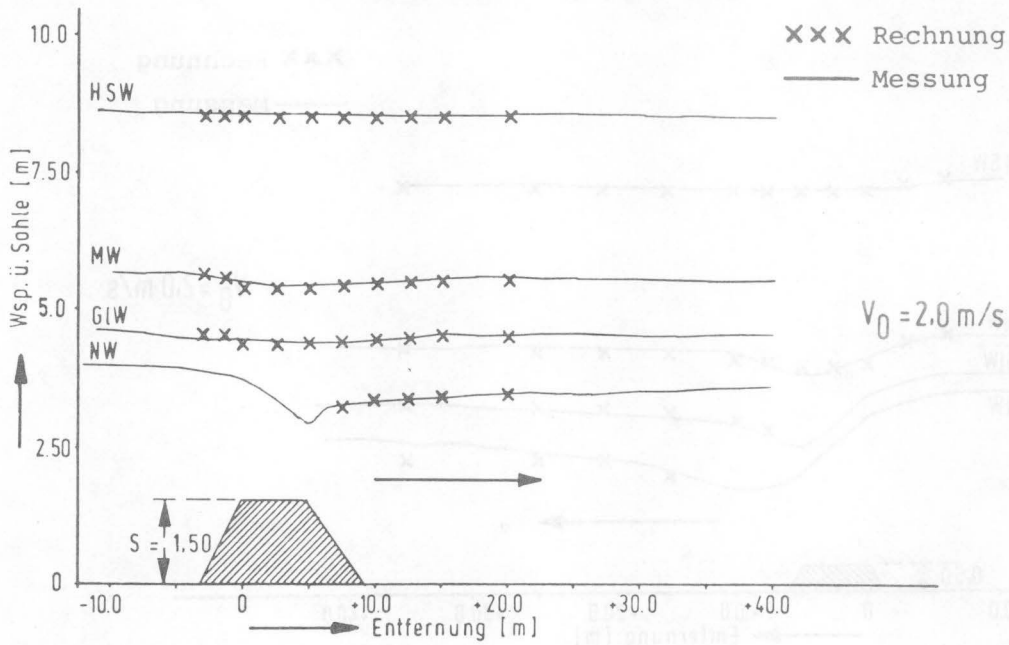
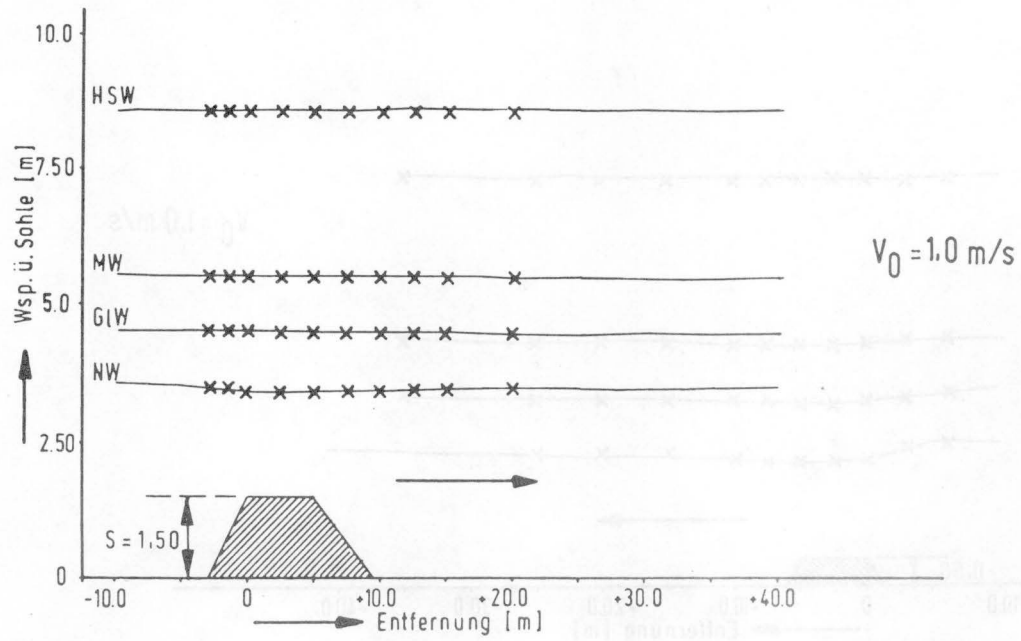


Bild 4: Wasserspiegelverlauf
für $s = 0.5 \text{ m}$



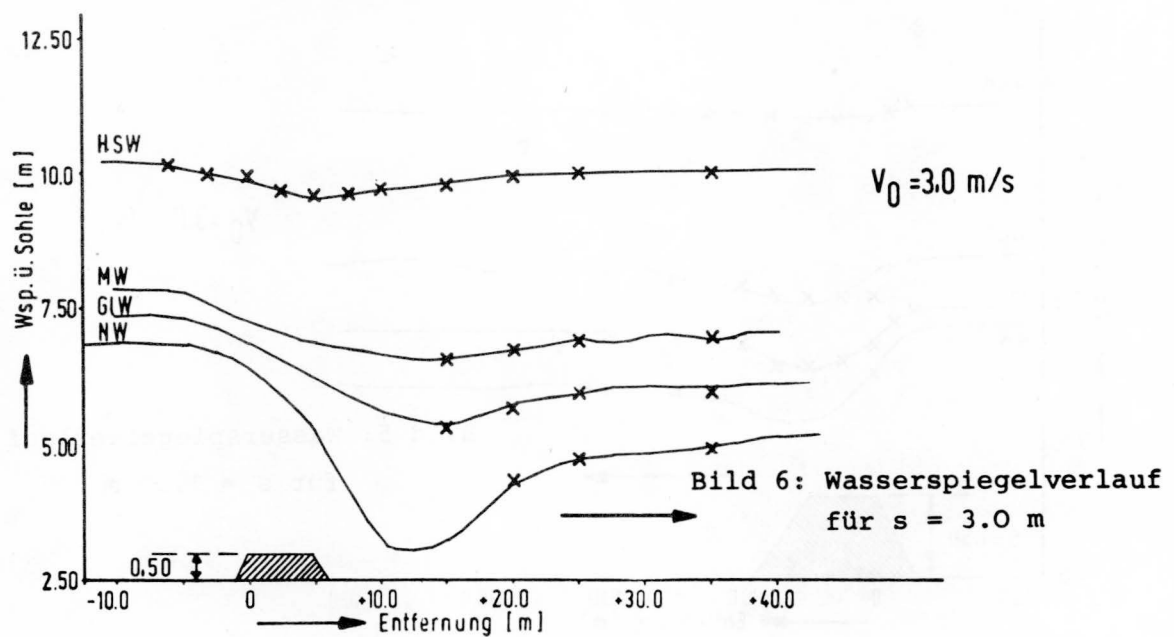
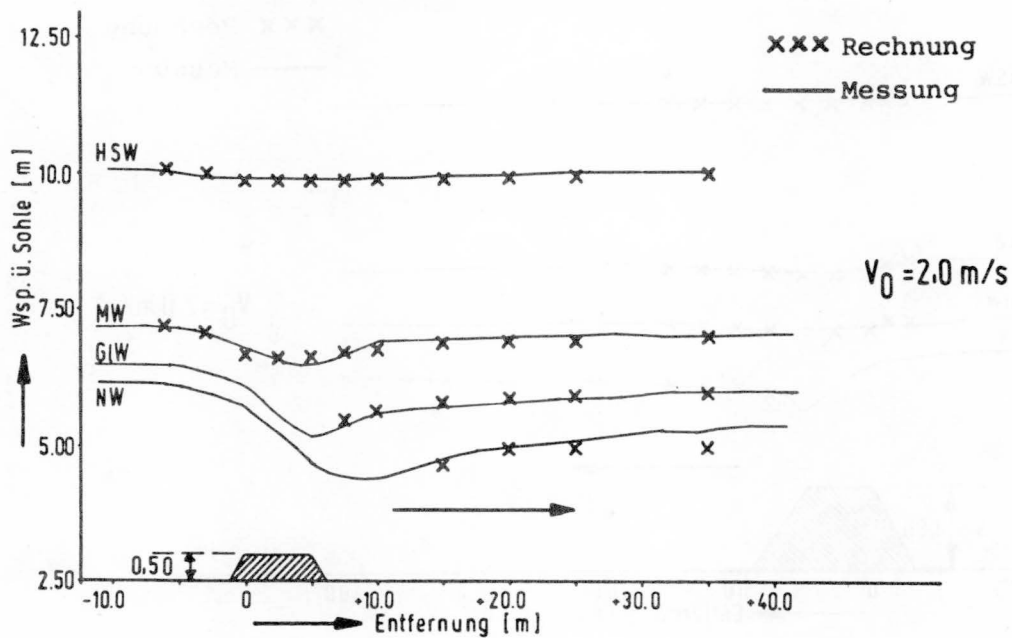
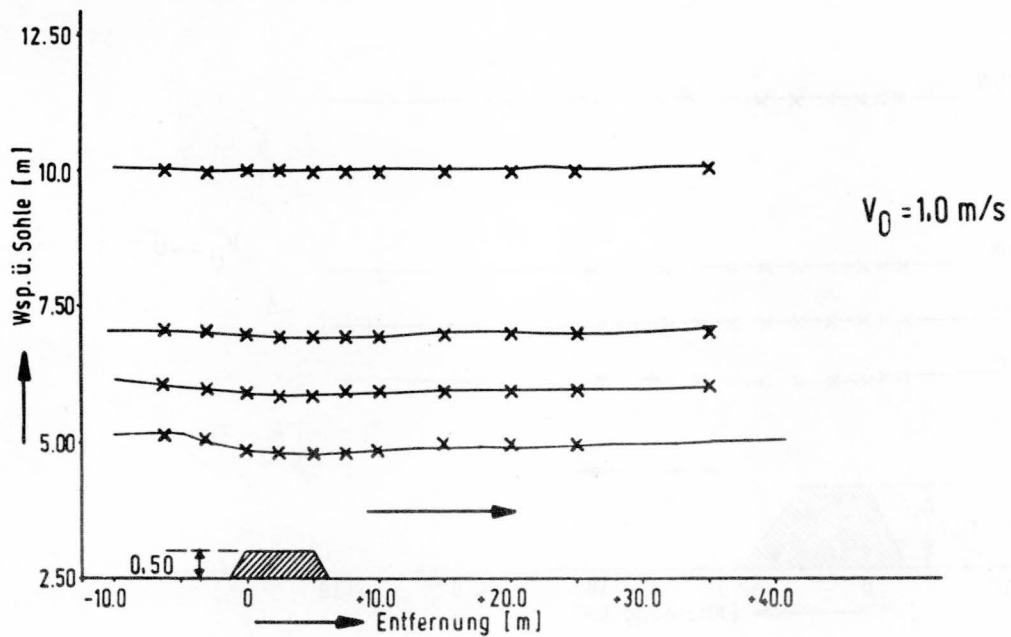


Bild 6: Wasserspiegelverlauf für $s = 3.0 \text{ m}$

